

StraPolÉté, l'étude de la stratosphère polaire en été

Dans le cadre de l'Année Polaire Internationale, le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (CNRS/Université d'Orléans) coordonne le projet scientifique « StraPolÉté » de mesure et d'analyse, par ballons stratosphériques, de la haute atmosphère terrestre en Arctique. Cette étude permettra de mieux comprendre les interactions ozone-climat.



© LPC2E

Tests préparatoires et réglage au sol du système de pointage de l'instrument SALOMON-N2 (Spectroscopie d'Absorption Lunaire pour l'Observation des Minoritaires et NOx - Nacelle 2) du LPC2E qui permet la visée d'un astre tout au long du vol. La source lumineuse étant pour ce projet le soleil pour des mesures de jour des composés BrO, O₃ et NO₂. Par le passé la lune a été utilisée pour des mesures de nuit d'autres composés.

L'évolution des échanges de chaleur (bilan radiatif) de la stratosphère (couche au-dessus de 10 km d'altitude) n'est pas prise en compte à ce jour dans les modèles participant aux projections de changement climatique de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Ce bilan radiatif est en particulier contrôlé par les contenus en ozone, en gaz à effet de serre associés à la chimie de l'ozone, mais également en aérosols de suies. Il dépend de la latitude et de la saison, mais est également perturbé par les activités humaines. Par exemple, durant la période estivale, l'illumination solaire est prolongée (c'est le jour polaire) et elle induit une diminution de la concentration d'ozone strato-

sphérique. On observe également un large mouvement d'air entraînant l'arrivée de masses atmosphériques provenant de latitudes inférieures. De manière concomitante, une augmentation des concentrations en aérosols de suies présents dans la stratosphère en Arctique est observée. Elle est probablement liée aux feux de forêts boréaux. Les activités humaines ont aussi d'ores et déjà modifié le régime des vents et par conséquent la température de la surface de la planète en région antarctique. Cependant les mécanismes par lesquels ces modifications de bilan radiatif dans la stratosphère interfèrent avec les couches troposphériques sont très mal connus.

Deux questions clés

La stratosphère polaire en été est très peu documentée, malgré son intérêt. Cela tient à des raisons historiques, la communauté s'étant focalisée sur l'hiver polaire et les mécanismes de formation du trou d'ozone, mais également à des raisons techniques avec une instrumentation (satellites et ballons) procédant par occultation solaire et ne permettant d'effectuer des mesures au-delà de 50°N en été.

Les questions principales qui sont posées dans le projet « StraPolÉté » concernent (1) la connaissance de l'état dynamique et de la composition caractérisant la stratosphère polaire d'été, et (2) la capacité des modèles mathématiques à simuler de façon appropriée les mécanismes mis en jeu. Pour répondre à ces deux questions, une campagne de mesures à l'aide de ballons strato-

sphériques du CNES (Centre national d'Études Spatiales) a été réalisée en août 2009 pour sonder la stratosphère Arctique durant l'été.

La campagne de mesures en Suède

Cette campagne scientifique s'est déroulée sur la base d'Esrange (N 67° 53', E 21° 05') au Nord de la Suède. Une flotte de 7 ballons a été conçue et lâchée. Des instruments utilisant des techniques de mesures différentes et complémentaires ont été déployés pour échantillonner finement *in situ* un grand nombre d'espèces chimiques réactives et traceurs et les aérosols, depuis la haute troposphère jusqu'à la moyenne stratosphère. Les instruments embarqués étaient par exemple des spectromètres, interféromètre, radiomètre, hygromètre



© S. CHEVRIER LPC2E/CNRS/UNIV. ORLÉANS
Instrument SWIR sur le pas de lancement avant le lancer.

>> Pour en savoir plus
<http://strapolete.cnrs-orleans.fr/>



© LPC2E

Instrument SPIRALE en vol à environ 800 m d'altitude.



S. CHEVRIER LPC2E/CNRS/UNIV. ORLÉANS

Lancement de l'instrument SPIRALE du LPC2E le 07 Août 2009 3:25 du matin heure locale. Le ballon principal de 150 000 m³ vient d'être largué, l'instrument est encore porté par ses deux ballons auxiliaires permettant que l'instrument ne soit pas traîné au sol au moment du largage du ballon principal.

StraPolÉté

est un projet d'une durée de 3 ans qui a débuté en janvier 2009. Il est coordonné par le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement l'Espace (LP2CE - CNRS/Université d'Orléans) partie prenante de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de la région Centre (OSUC). StraPolÉté regroupe des scientifiques de laboratoires français (Laboratoire "Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales" (UMR CNRS/Universités Paris 6, Versailles St Quentin), Laboratoire d'optique atmosphérique (LOA, UMR CNRS/Université de Lille 1), Laboratoire de physique moléculaire pour l'atmosphère et l'astrophysique (UMR CNRS/Université Paris 6) et européens (NILU, Norvège et Université d'Heidelberg, Allemagne). Il est financé par l'Agence Nationale pour la Recherche, l'Institut Polaire Paul Emile Victor et le Centre National d'Études Spatiales. Ce projet participe à l'effort de la communauté scientifique internationale pour l'étude des régions polaires regroupé au sein de l'Année Polaire Internationale.

et compteurs d'aérosols. Sur le site, une trentaine de scientifiques, incluant tous les corps de métiers (mécaniciens, électroniciens, opticiens, thermiciens), étaient présents pour l'intégration des instruments, leur étalonnage avant le vol et leur récupération-démontage. Ces derniers ont été épaulés par une équipe de 17 personnes du CNES pour la mise en œuvre des aérostats (2 météorologues pour prévoir les trajectoires de vol, 9 lanceurs, 4 personnes en charge des télémesures-télécommunications en vol, 1 responsable opérationnel et 1 chef de mission). Au total plus de 730 jours de missions sur site ont été comptabilisés pour cette campagne.

Le premier vol a eu lieu le 3 août 2009 et le dernier vol le 7 septembre 2009. Les ballons utilisés, pouvaient emporter les instruments scientifiques jusqu'à 35 km d'altitude, et présentaient des volumes allant de 35 000 m³ à 150 000 m³ d'hélium ou d'hydrogène. L'ensemble des instruments a fonctionné et a volé dans des conditions géophysiques pertinentes.

Les résultats présentés en janvier

Les données ainsi obtenues vont permettre de discriminer l'origine des masses d'air sondées, qu'elles soient issues des régions tropicales, des moyennes latitudes et feux de forêts

boréales troposphériques. Elles seront complétées par des mesures issues de satellites offrant une large couverture spatiale de cette région. L'analyse des données sera effectuée à l'aide de modèles mathématiques performants pour étudier les processus dynamiques (modèle de trajectoire, d'advection de contour) et de chimie-transport à l'échelle globale. Les chercheurs souhaitent mieux comprendre les mécanismes majeurs qui gouvernent la distribution des traceurs, des aérosols et du brome. Le brome atmosphérique est particulièrement étudié en raison de son impact sur la perte d'ozone dans la stratosphère.

Les premiers résultats seront présentés à la réunion annuelle du projet les 20 et 21 janvier 2010. L'ensemble des mesures seront également mises à disposition via la banque de données ETHER (CNES/ INSU-CNRS). ■

Contact:

Nathalie HURET
nathalie.huret@cnrs-orleans.fr

Les instruments mis en œuvre et leurs principales caractéristiques:

Instrument (laboratoire)	Technique de mesure	Mesures effectuées	Gamme d'altitudes des mesures & résolution verticale	Masse de l'instrument
SPIRALE LPC2E	<i>In situ</i> Absorption directe (moyen IR)	O ₃ , CH ₄ , N ₂ O, HCl, CO, HNO ₃ , NO ₂ , OCS	9 km-30 km 5 m	500 kg
SWIR LPMAA	Mesures à distance IR, visée nadir et limbe	CO, CH ₄ , CO ₂ , OCS	Partial columns	500 kg
LPMA LPMAA	Mesure à distance IR, occultation solaire	O ₃ , HNO ₃ , NO, NO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HCl	15 km-30 km 1 km	500 kg
DOAS Univ Heidelberg	Mesure à distance UV, occultation solaire	BrO	15 km-30 km 1 km	
SALOMON-N2 LPC2E	Mesure à distance UV-visible, pointage solaire	O ₃ , NO ₂ , BrO, Extinction des aérosols	15 km-30 km 1 km	180 kg
STAC LPC2E	Mesure à distance UV-visible, pointage solaire	Distribution dimensionnelle des aérosols	10 km-30 km 10 m	
MicroRADIBAL LOA	Mesure à distance Photopolarimètre aérosols	Nature (liquide, solide), Distribution dimensionnelle des aérosols	15 km-30 km 1 km	80 kg